

O USO DA SEMENTE DE TREMOÇO COMO FERTILIZANTE AZOTADO

THE USE OF LUPINE SEEDS AS NITROGEN FERTILIZER

Gonçalo Teixeira¹, Kay Katrochan⁴, Amarilis de Varennes²,
João Neves Martins³, Hartmut Stuetzel⁴

RESUMO

Neste trabalho, estudou-se o uso de sementes de tremoço como fertilizante para fornecer gradualmente o azoto. O principal objetivo foi comparar diferentes estratégias de aplicação das sementes de tremoço (*Lupinus angustifolius* L. cv. Azuro e cv. Boruta) na cultura de couve-branca (*Brassica oleracea capitata* L. cv. Impuls). Uma vez que durante o processo de germinação as plântulas utilizam os seus glúcidos de reserva como fonte de energia na respiração, a quantidade de carbono nas plântulas e consequentemente a sua razão C:N decresce ao longo do tempo. Com a expansão das folhas e o começo da actividade fotossintética esta tendência inverte-se. Assim, a principal hipótese desta pesquisa foi que a incorporação de plântulas de tremoço germinadas após um determinado período de tempo (quando a razão C:N atinja o seu

valor mínimo) pode aumentar a libertação de azoto deste fertilizante azotado de origem vegetal.

Com esta pesquisa, descobriu-se que a incorporação de plântulas de tremoço após 12 dias de germinação pode aumentar a libertação de azoto. Comparando o referido método de fertilização com a incorporação de sementes de tremoço trituradas, concluiu-se também que uma vez que não levaram a diferenças entre as libertações de azoto nem entre a produção de couve-branca, a incorporação de sementes de tremoço trituradas deverá ser um método de fertilização mais prático, uma vez que este método não implica os trabalhos de mobilização do solo necessários para a preparação da cama da semente, sementeira e incorporação das plântulas de tremoço.

Palavras-chave: Agricultura biológica, fertilizantes de origem vegetal, *Brassica oleracea capitata*, *Lupinus angustifolius*.

ABSTRACT

We studied the use of lupine seeds as fertilizer to provide a slow release N source. The main objective was to compare different strategies to apply lupine seeds (*Lupinus angustifolius* L. cv. Azuro and cv. Boruta) as N-fertilizers for a white cabbage crop (*Brassica oleracea capitata* L. cv. Impuls). Since during the germination process the seedlings use storage carbohydrates as an energy source by respiration, the amount of carbon in the plant and hence the C:N ratio decreases with time. With leaf expansion and the onset of photosynthesis the flow of carbon will invert.

¹ Rua das Campainhas 8D 2775-648 Carcavelos, Cascais, Portugal. goncalo.ncmt@gmail.com

² Departamento de Química Agrícola e Ambiental, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. adevarennes@isa.utl.pt

³ Departamento de Botânica e Engenharia Biológica, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. nevesmartins@isa.utl.pt

⁴ Fachgebiet Systemmodellierung Gemüsebau, Institut für Biologische Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover, Germany. katroschan@gem.uni-hannover.de
stuetzel@gem.uni-hannover.de

Thus the main hypothesis of this research was that incorporating germinated lupine seeds after a certain time of growth (when the C:N ratio reached its minimum value) could increase the N release of this plant-derived fertilizer.

The incorporation of lupine seeds with a short germination period of 12 days increased the N released from this plant-derived fertilizer. However, N release and cabbage yield were similar in this treatment and when shredded lupine seeds were used, which represent a more practical fertilizing method. The use of shredded does not imply soil tillage needed to prepare the seed bed, sowing, and incorporating of seedlings.

Key words: Organic agriculture, plant-derived fertilizers, *Brassica oleracea capitata*, *Lupinus angustifolius*.

INTRODUÇÃO

Devido às baixas razões C:N, os resíduos de origem animal são facilmente degradáveis no solo e levam a uma rápida liberação de nutrientes que se tornam disponíveis para as plantas, especialmente o azoto (N). Consequentemente, estes resíduos têm sido amplamente utilizados como fertilizantes na produção vegetal biológica para aumentar a disponibilidade de N para as culturas em períodos de tempo cruciais e curtos. Infelizmente, com o aumento da incidência de doenças na área da produção animal, a utilização de resíduos animais (farinhas de carne, ossos, sangue, cornos, cascos, pelos e penas) como fertilizantes na agricultura biológica tem sido questionada. Embora a utilização destes produtos continue a ser autorizada pela regulamentação Europeia, algumas associações de agricultura biológica Alemãs já abandonaram a maioria destes produtos. A única excepção são as farinhas de cornos, cascos, pelos e penas (Bioland, 2004; Naturland, 2004; Demeter-Bund, 2005). Fertilizantes orgânicos derivados de materiais vegetais podem ser uma alternativa, e alguns

fertilizantes processados industrialmente e livres de produtos animais já existem no mercado (Maltaflor®-spezial, Phytoperls®, Agrobiosol®). As farinhas de sementes de leguminosas parecem ser promissores fertilizantes (Braun *et al.*, 2001; Kalauch *et al.*, 2001), com o benefício adicional de poderem ser produzidas pelo próprio agricultor.

Os tremoceiros (*Lupinus* spp.) são bem conhecidos pela sua capacidade para melhorar a estrutura do solo e reduzir a incidência de doenças, pragas e infestantes. Esta cultura é capaz de satisfazer mais de 80% da sua necessidade em N através da fixação de N₂ (Evans *et al.*, 1987; Herridge & Doyle, 1988). Consequentemente, quando parte deste N fixado é disponibilizado para a cultura seguinte, o uso do tremoceiro pode providenciar não só protecção para as culturas e o solo mas também N.

O uso das próprias sementes de tremçoço como fertilizante azotado poderá representar uma fonte de N com grande flexibilidade no tempo e no espaço. A eficiência de tal sistema é altamente dependente da libertação do N das sementes aplicadas como fertilizante. Consequentemente, o objectivo deste trabalho foi de comparar diferentes estratégias de aplicação de sementes de tremçoço como fertilizantes azotados. Uma vez que durante o processo de germinação as plântulas estão a utilizar as suas reservas de glúcidos como fonte de energia para a respiração, a quantidade de carbono (C) nas plântulas e consequentemente a sua razão C:N decrescem. Com a expansão das folhas e o início da fotossíntese esta tendência inverte-se. Assim, a principal hipótese desta pesquisa foi que a incorporação de germinados de semente de tremçoço após um determinado período de tempo (quando a razão C:N atinge o seu valor mínimo) poderia aumentar a libertação de N deste fertilizante de origem vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi integrado numa experiência na estação experimental da Universidade

de Hannover (Leibniz University of Hannover), Ruthe, 25 km a sul de Hannover, com duas repetições da mesma rotação de culturas separadas no espaço e no tempo, tal como se pode ver na Figura 1. Assim, duas rotações de culturas ou experiências iguais foram desenvolvidas em dois anos diferentes, ambas com três repetições e blocos casualizados com 6 ou 8 por 12 m. As cabeças de rotação foram tremoço amargo (*Lupinus angustifolius* L. cv. Azuro), tremoço doce (*Lupinus angustifolius* L. cv. Boruta) e trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Thasos). Além destas, dois métodos tradicionais de enrelvamento (cortado e retirado ou deixado no terreno) com uma mistura de azevem (*Lolium perene* L. cv. Lipondo) e trevo encarnado e branco (*Trifolium pratense* L. cv. Titus e *Trifolium repens* L. cv. Rivendel, respectivamente) foram estabelecidos como culturas antecedentes com o objectivo de comparar o sistema de fertilização com tremoço com um sistema tradicional de adubação verde.

As experiências decorreram num solo de textura franco limosa (10% areia, 10% argila e 80% limo) com aproximadamente 1,6% de matéria orgânica (calculada a partir do teor total em C, com um factor de conversão de 1,72), um teor total em C de 25 a 50 t/ha, em N de 2 a 4 t/ha, e um pH de 6,5. O lençol freático encontra-se entre 4 a 5 m de profundidade e a capacidade de campo do solo é de 30%. Os dados climatéricos foram obtidos de uma estação meteorológica localizada na estação experimental. Durante a primeira experiência

(2005) os meses mais quentes (temperaturas médias superiores a 15 °C) foram Junho, Julho, Agosto e Setembro, sendo Julho o mês com a temperatura média (18,3 °C) e máxima (23,3 °C) mais elevadas. Os meses mais frios foram Abril, Maio e Outubro (temperaturas médias inferiores a 15 °C) sendo Abril o mês com a temperatura média (9,7 °C) e mínima (4,5 °C) mais baixas. As precipitações mensais totais foram de 19,0 mm em Abril, 74,2 mm em Maio, 13,6 mm em Junho, 92,6 mm em Julho, 1,9 mm em Agosto, 66,6 mm em Setembro e 22,6 mm em Outubro. Na segunda experiência (2006) os meses mais quentes (temperaturas médias superiores a 15°C) continuaram a ser Junho, Julho, Agosto e Setembro, sendo de novo Julho o mês com a temperatura média (22,2 °C) e máxima (28,5 °C) mais elevadas. Os meses mais frios foram mais uma vez Abril, Maio e Outubro (temperaturas médias inferiores a 15 °C) mantendo-se Abril o mês com a temperatura média (8,4 °C) e mínima (4,8 °C) mais baixas. As precipitações mensais totais foram de 40,8 mm em Abril, 61,4 mm em Maio, 43,0 mm em Junho, 27,8 mm em Julho, 110,9 mm em Agosto, 16,9 mm em Setembro e 33,8 mm em Outubro.

A densidade de plantação dos tremoceiros foi de 76 e 96 plantas/m² para o tremoço doce e 60 e 61 plantas /m² para o tremoço amargo na primeira e segunda rotações, respectivamente. A fixação média de azoto atmosférico das culturas de tremoço foi medida pelo método da diferença, um balanço de N (Quadro 1), baseado na diferença entre o conteúdo total

Ano	2004												2005												2006											
Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1ª experiência	Azevém (We)																																			
						Tremoço(Sw/Bi)																														
						Trevo e Azevém (K-Fn/K-Mu)												Couve																		
						Trigo (W)																														
2ª experiência	Azevém (We)																																			
													Tremoço(Sw/Bi)																							
													Trevo e Azevém (K-Fn / K-Mu)																	Couve						
													Trigo (W)																							

Figura 1 – Calendário das cabeças de rotação (Tremoço doce (Sw) e amargo (Bi); Trevo e azevém cortado e retirado do campo (K-Fn) e deixado no campo (K-Mu); Trigo (W)), azevém (We) e cultivo de couve na primeira e segunda experiências.

Quadro 1 – Colheita e distribuição de N nas culturas de tremoço doce e amargo antecedentes em ambas as rotações.

Balanço de N		1ª Rotação (2004)		2ª Rotação (2005)	
		Tremoço doce	Tremoço amargo	Tremoço doce	Tremoço amargo
Produção de semente	kg/ha	2152	3495	2383	2172
N nas sementes	kg/ha	101.9	158.7	113.2	97.1
N fixado	kg/ha	92.8	223.5	128.7	122.4
N na biomassa acima do solo	kg/ha	158.6	281.7	176.1	175.9
N nos resíduos de colheita	kg/ha	56.7	123.0	62.8	78.8
N fixado	%	59	79	73	70
N colhido	%	64	56	64	55

em N numa leguminosa e numa cultura de referência que não fixa azoto atmosférico (Ledgard & Steele, 1992 e Wood, 1996), o azevém (*Lolium perenne* L. cv. Edda).

Em ambas as rotações, após as cabeças de rotação (tremoço ou azevém com trevo), 4,3 plantas/m² (0,5 m x 0,47 m) de couve branca foram cultivadas em todos os blocos excepto nos de azevém (We). Após plantação as couves foram regadas e protegidas com redes contra pragas e predação. As redes foram ocasionalmente removidas para o controlo de infestantes (mecânica ou manualmente, de acordo com o tamanho das couves) e colheita de amostras. Foram permanentemente removidas quando as couves já possuíam tamanho suficiente para resistir à predação.

Três diferentes métodos para a aplicação de semente de tremoço como fertilizante azotado foram comparados com um controlo não fertilizado: farinha de tremoço e sementeira densa de tremoço com períodos curtos e longos de crescimento. As sementes de tremoço doces e amargas foram aplicadas como fertilizantes em blocos onde estas e o trigo tinham sido cultivados como cabeças de rotação. Nos três métodos de fertilização com tremoço, tanto o doce como o amargo, foram aplicados ao solo em quantidades de aproximadamente 3,8 t/ha com o objectivo de fornecer 180 kg/ha de N às couves em ambas as rotações (de acordo com a % de N

encontrada na matéria fresca das sementes de tremoço). Adicionalmente, como referência, os tratamentos com enrelvamento de azevém e trevo cortado e retirado ou deixado no terreno foram considerados. Assim sendo, dois sistemas de fertilização com sementes de tremoço foram estudados e não só comparados com o respectivo controlo (tratamento sem fertilização) mas também com duas diferentes estratégias de utilização de enrelvamento com azevém e trevo.

Com o objectivo de encontrar o tempo que optimizava a libertação de azoto, as sementeiras densas de tremoço foram estabelecidas, em cada rotação, com um curto e longo período de crescimento, de acordo com os melhores períodos definidos em experiências laboratoriais (13 a 22 dias). Na primeira rotação (2005, Figura 2), os germinados de tremoço foram incorporados após 22 e 47 dias e na segunda rotação (2006, Figura 3) após 12 e 37 dias após a sementeira. Em ambos os anos as sementes de tremoço trituradas foram incorporadas no solo à mesma data da incorporação dos germinados de tremoço, após terem sido trituradas a uma farinha grosseira com um moinho.

Para melhor compreender a eficiência dos germinados de tremoço como fertilizante no campo, foi calculado o peso de mil sementes e o potencial de germinação com recurso a um teste de germinação em laboratório, de

colheita separadamente. As sub-amostras foram secas a 70°C por um a três dias.

As amostras de solo para a determinação do conteúdo em N mineral e água foram colhidas em ambas as rotações em todos os blocos, quando as sementes de tremoço foram semeadas, quando as amostras de germinados de tremoço foram colhidas, antes da sua incorporação, e quando se recolheram todas as amostras de plantas de couve (amostragens 0, 1, 2, 3 e 4, nas Figuras 2 e 3). Na segunda rotação, entre a primeira e a segunda amostragem de plantas de couve, duas amostras de solo foram ainda colhidas em blocos seleccionados com o objectivo de analisar o comportamento dos métodos de fertilização testados logo após a sua incorporação (amostragens 0a e 0b na Figura 3). Nesse sentido, a estratégia de fertilização para essas duas amostras de solo extra teve como cabeça de rotação o trigo e foi seleccionada de acordo com a taxa de germinação no campo das sementes de tremoço. Para a determinação do N mineral no solo, 50 g de solo fresco foi extraído com 100 ml de 2M KCl e a determinação fotométrica do NO_3^- e NH_4^+ foi feita usando um espectrómetro de UV (Lambda 2S, PerkinElmer Inc.). A transformação para kg/ha realizou-se para quatro camadas de solo usando densidades de 1,35 g/cm³ para a camada dos 0 aos 30 cm e 1,5 g/cm³ para as camadas dos 30 aos 60 cm, 60 aos 90 cm e 90 aos 120 cm. A determinação do teor em água foi realizada pela secagem em forno (105 °C) de sub-amostras de solo fresco pesado antes e depois da secagem. Os teores totais em C e N do solo foram determinados pelo método de Dumas (Kirsten & Hesselius, 1983).

A quantidade de sementes de tremoço necessárias para fornecer 180 kg/ha de N às plantas de couve (Wsem) foi calculada com base no teor em N encontrado na matéria seca das sementes (Nsem) e no seu conteúdo em matéria seca (DMsem) usando a Eq. [1]:

Eq. [1]

$$Wsem \text{ [kg/ha]} = \frac{180 \text{ [kg/ha]} \times \frac{Nsem \text{ [\%]} \times 100}{DMsem \text{ [\%]} \times 100}}{100}$$

Para calcular a taxa de germinação da segunda experiência (Gcampo) contaram-se o número de germinados de tremoço por metro quadrado (Xgerm) quando se recolheram as amostras de tremoço e usou-se também o número de tremoços semeados por metro quadrado (Xsem) na Eq. [2]:

Eq. [2]

$$Gcampo \text{ [\%]} = (Xgerm / Xsem) \times 100$$

O número de tremoços semeados por metro quadrado (Xsem) foi calculado com a Eq. [3] usando o peso de sementes de tremoço semeado por metro quadrado (Wsem) e o peso de mil sementes (TKG).

Eq. [3]

$$Xsem = (Wsem \text{ [g/m}^2\text{]} / TKG \text{ [g]}) \times 1000$$

Nem todo o N aplicado ao solo com as sementes de tremoço (180 kg/ha) foi posteriormente encontrado nos germinados de tremoço. Algumas das sementes não germinadas e sementes germinadas mas doentes começaram provavelmente a mineralizar-se após a sementeira e no caso de elevadas taxas de germinação com longos períodos de crescimento a captação de N também pode ter ocorrido. Consequentemente a quantidade de N presente no solo devido à germinação das sementes de tremoço foi chamada de N recuperado (Nrec) uma vez que este é o N recuperado no solo à data da incorporação dos germinados. O N recuperado foi calculado pela adição ao N encontrado nos germinados de tremoço (Ngerm), à data da sua incorporação, a diferença entre o N mineral encontrado nas parcelas fertilizadas (Nmin), com germinados de tremoço, e parcelas não fertilizadas (Nmin controlo) na segunda amostragem, de acordo com a Eq. [4]:

Eq. [4]

$$Nrec \text{ [kg/ha]} = Ngerm \text{ [kg/ha]} + ((Nmin) \text{ [kg/ha]} - (Nmin \text{ controlo}) \text{ [kg/ha]})$$

A quantidade de N disponível no solo para as plantas de couve (Ndisp) foi calculada pela adição do N mineral encontrado no solo (Nmin) ao N encontrado nas plantas de couve e infestantes (Ninf) pela Eq. [5]:

Eq. [5]

$$N_{disp} \text{ [kg/ha]} = N_{min} \text{ [kg/ha]} + N_{inf} \text{ [kg/ha]}$$

O somatório do N mineralizado no solo, proveniente da matéria orgânica do solo e devido aos diferentes sistemas de fertilização testados em cada uma das amostragens (Nlib), foi calculado pela Eq. [6], onde (Nmin)0 é o azoto mineral encontrado no solo na primeira amostragem 0.

Eq. [6]

$$(N_{lib})_n \text{ [kg/ha]} = (N_{disp})_n \text{ [kg/ha]} - (N_{min})_0 \text{ [kg/ha]}$$

O teor em N das plantas de couve entre a primeira e a segunda amostragem de plantas foi calculado pelo ajuste da equação Chapman, com 3 parâmetros, aos teores em N das plantas de couve nos respectivos sistemas de fertilização pela Eq. [7]. Nesta equação, x corresponde ao tempo (em dias, a partir do dia de plantação das couves) e y é o N captado pelas plantas de couve (em kg/ha). Os parâmetros a, b e c e o grau de ajuste (r^2) foram todos automaticamente previstos usando o SigmaPlot 8.0.

Eq. [7]

$$y = a \times (1 - \exp(-b \times x))^c$$

O N recuperado nos diferentes métodos de fertilização, o somatório do N mineralizado no solo da matéria orgânica do solo e devido aos diferentes métodos de fertilização, e o peso fresco das couves (colheita) foram estatisticamente analisados usando o SPSS 11.0. As diferenças significativas entre os tratamentos foram testadas com análises de variância (ANOVA) para medições repetidas após o teste de Levene (homogeneidade de variâncias, $\text{Sign} \geq 0.05$) e, em caso de diferenças significativas, seguidas do teste HSD de Tukey/Kramer (Honestly Significant Difference, $p \leq 0.05$).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

A taxa de germinação do *Lupinus angustifolius* L. pode variar entre 20 e 90% (Kettel *et al.*, 2003). A constituição das sementes e a exposição a factores externos, tais como fungos, produzem variações nas taxas de germinação em ambientes uniformes (Benjamin, 1990). Através dos resultados do teste de germinação realizado em laboratório na segunda experiência ficou-se a saber que as taxas de germinação dos tremçoços doces e amargos estavam dentro dos valores indicados por Kettel (97.8 e 77.0%, respectivamente), e que cerca de 17% das sementes de tremçoço amargo não germinaram.

Na segunda experiência, as taxas de germinação foram não só influenciadas pelo tipo de semente utilizada mas também pelo método de fertilização utilizado, provavelmente devido à competição pela luz e água entre as plântulas (Watkinson, 1985). As sementes de tremçoço com tempos de crescimento curtos apresentaram a taxa de germinação em campo mais elevada, especialmente as sementes de tremçoço doce (superior a 80%), como seria de esperar. Consequentemente, o tratamento de fertilização escolhido para as duas amostragens de solo extra na segunda experiência de campo (0a e 0b na Figura 3) foi o que usou sementes de tremçoço doce após o cultivo de trigo.

Por comparação com a razão C:N média das sementes de tremçoço (8,5 e 8,6 nos tremçoços amargos e doces, respectivamente), os germinados de tremçoço com tempos de crescimento curtos apresentaram razões C:N inferiores em ambas as experiências de campo (6,9 e 7,2 na primeira experiência e 6,6 e 6,5 na segunda experiência, nos tremçoços amargos e doces, respectivamente), devido ao aparente aumento de proteínas de reserva (Dagnia *et al.*, 1992). Os germinados de tremçoço com tempos de crescimento longos atingiram as razões C:N mais elevadas (12,8 e 13,2 na primeira experiência e 13,6 e 13,2 na segunda experiência, nos tremçoços amargos e doces respectivamente).

Os teores totais médios em C e N do solo (0 a 120 cm) na primeira amostragem da pri-

meira experiência encontravam-se entre 2,5 e 4,0 t/ha e entre 25,0 e 40,0 t/ha, respectivamente. Na terceira amostragem da segunda experiência teores totais médios em C e N do solo (0 a 120 cm) encontravam-se entre 2,0 e 4,0 t/ha e entre 30,0 e 50,0 t/ha, respectivamente.

Como se pode ver na Figura 4, apenas na segunda experiência surgiram diferenças entre o N recuperado dos diferentes métodos de fertilização testados. O sistema de fertilização com germinados de tremoço doce com um curto período de crescimento (K) após o cultivo de trigo (W-sw-k) ou tremoço doce (Sw-sw-k) levou a valores médios de N recuperado (211 e 205 kg/ha respectivamente) superiores ao sistema de fertilização com germinados de tremoço doce com um longo período de crescimento (L) após o cultivo de trigo (W-sw-l) ou tremoço doce (Sw-sw-l) (63 e 60 kg/ha, respectivamente). Esta diferença entre o N recuperado pelos dois métodos de fertilização testados deveu-se, provavelmente, a diferenças entre as suas taxas de germinação aparente e as suas razões C:N. Um elevado número de germinados de tremoço saudáveis, associado à mineralização

de germinados não saudáveis, com baixas razões C:N (Janssen, 1996), podem ter aumentado o N recuperado.

Na primeira experiência, provavelmente devido à mineralização de sementes de tremoço não germinadas e de germinados doentes, o método de fertilização com germinados de tremoço com um curto período de crescimento (K) teve a maior média de somatório de N libertado após a incorporação dos germinados e antes da plantação das couves. Durante o crescimento das couves, a média do somatório do N libertado em ambos os métodos de fertilização com germinados de tremoço (K ou L) foram similares, tal como se pode ver na Figura 5. O método de fertilização com sementes de tremoço trituradas (S) atingiu um valor médio de somatório de N libertado (445,8 kg/ha) superior à soma do somatório do N libertado da matéria orgânica do solo (174 kg/ha) e da quantidade de N adicionado ao solo com as sementes de tremoço (180 kg/ha) cinco semanas após a plantação das couves. Esta elevada libertação de N deveu-se, provavelmente, a um “priming effect” positivo. No entanto, após este pico, o somatório da libertação de N neste mé-

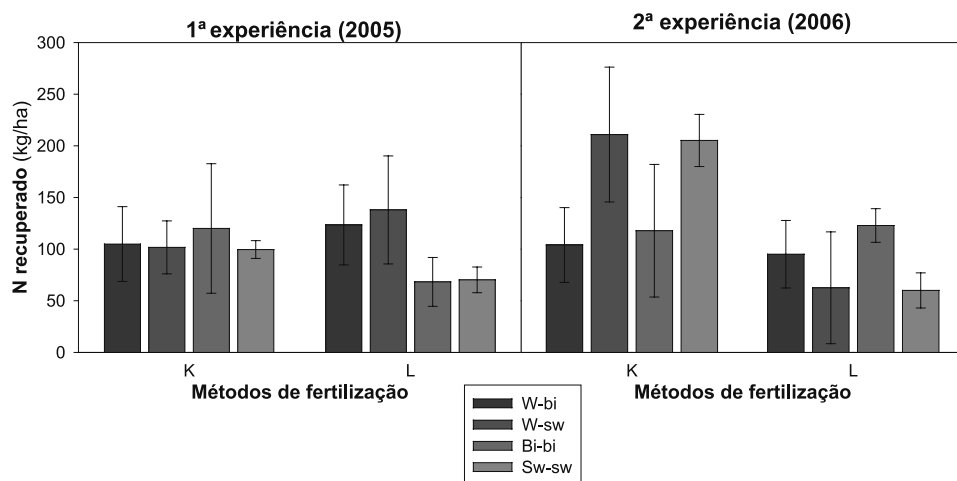


Figura 4 – Valores médios de N recuperado nas diferentes estratégias de fertilização (sementes/germinados de tremoço amargo após o cultivo de trigo (W-bi) ou tremoço amargo (Bi-bi) e sementes/germinados de tremoço doce após o cultivo de trigo (W-sw) ou tremoço doce (Sw-sw)) com germinados de tremoço com tempo de crescimento curto (K) e longo (L), na primeira e segunda experiência. As barras das colunas indicam o desvio padrão.

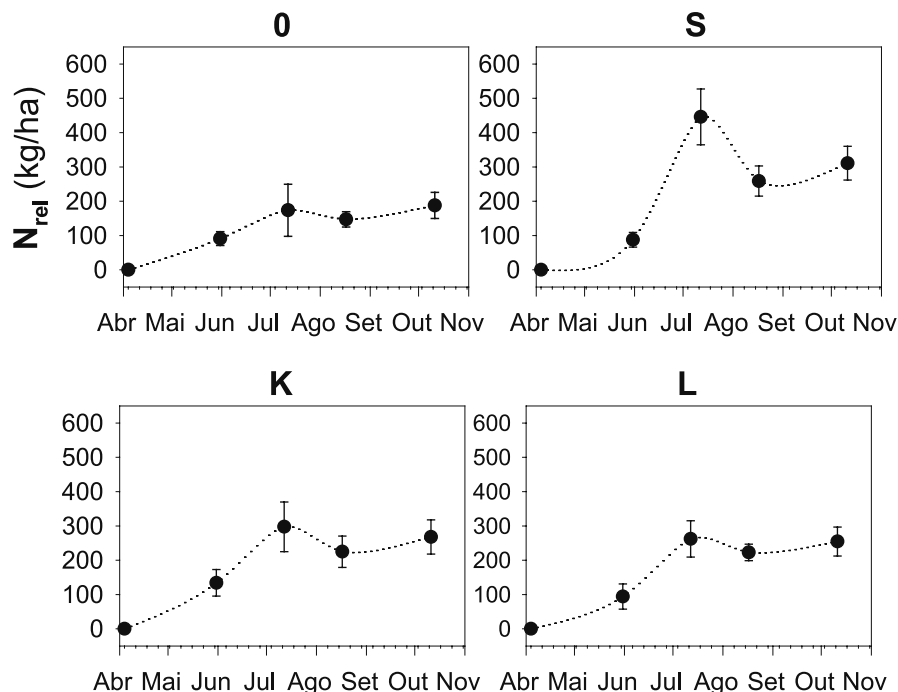


Figura 5 – Somatório do N mineralizado no solo do tratamento de controlo (0) e dos métodos de fertilização (sementes de tremço moídas [S] ou germinados de tremço com tempo de crescimento curto [K] ou longo [L]) na primeira experiência, independentemente da cultura antecedente. As barras das colunas indicam o desvio padrão.

tudo de fertilização (S) decresceu e atingiu valores similares aos métodos de fertilização com germinados até à colheita das couves. Estes resultados mostram que, nas condições de campo de 2005, todos os três métodos de fertilização testados (S, K e L) foram capazes de aumentar a libertação de N no solo.

Como se pode ver na Figura 6, na segunda experiência, antes da plantação das couves e após a incorporação dos fertilizantes testados, o método de fertilização com germinados de tremço com longo período de crescimento (L) atingiu os valores médios cumulativos de libertação de N mais baixos, provavelmente devido à captação de N pelos germinados.

Após quatro semanas, os métodos de fertilização com sementes de tremço trituradas (S) e germinadas com um curto período de crescimento (K) atingiram picos na liber-

tação cumulativa de N (323 e 315 kg/ha, respectivamente), similares entre si mas superiores ao método de fertilização com germinados de tremço com um tempo longo de crescimento (L) e tratamentos de controlo (O). Durante o resto do desenvolvimento das plantas de couve, os métodos de fertilização com sementes de tremço trituradas (S) e germinados de tremço com curto período de crescimento (K) atingiram os valores médios cumulativos de libertação de N mais elevados. Estes resultados mostram que, nas condições de campo de 2006, dos três métodos de fertilização testados (S, K e L) apenas os métodos de fertilização com sementes de tremço trituradas (S) e germinadas com um curto período de crescimento (K) foram capazes de aumentar a libertação de N no solo.

A análise da dinâmica da libertação cumulativa de N em ambas as experiências de

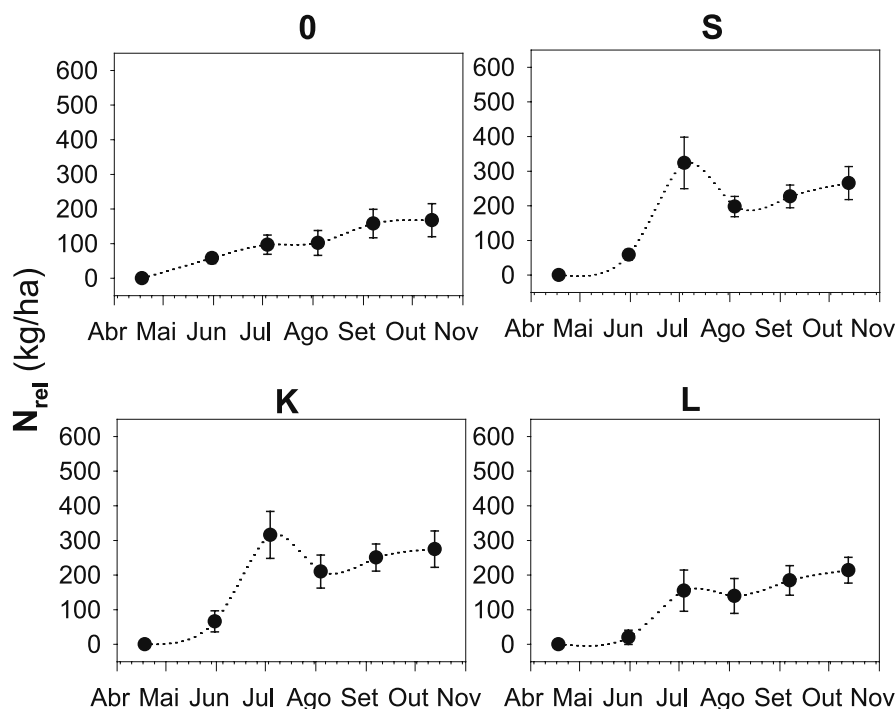


Figura 6 – Somatório do N mineralizado no solo do tratamento de controlo (0) e dos métodos de fertilização (sementes de tremço moídas [S] ou germinados de tremço com tempo de crescimento curto [K] ou longo [L]) na segunda experiência, independentemente da cultura antecedente. As barras das colunas indicam o desvio padrão.

campo foi dificultada devido a grandes desvios entre as repetições e “priming-effects” positivos. Numa experiência de campo realizada em 2003 por Mueller (2006), Alemanha central, com diferentes níveis de fertilização (120 e 240 kg N/ha) de farinha de tremço amarelo (*Lupinus luteus* L.), com razão C:N média de 6,9, em couve branca (*Brassica oleracea* L. convar. *Capitata* var. *laba*) num Cumuli Anthrosol, um “priming effect” positivo foi também encontrado aproximadamente quarenta dias depois da incorporação da farinha de tremço. A média de N mineral, entre os 0 e os 15 cm de solo, atingiu aproximadamente 80 kg N/ha nos níveis mais baixos de fertilização (120 kg N/ha) e quase 200 kg N/ha nos níveis mais elevados de fertilização (240 kg N/ha), e após mais quarenta dias os valores aproximaram-se dos tratamentos de controlo (quase 0 kg N/ha). Comparando

os resultados de Mueller (2006) com os teores de N mineral no solo, entre os 0 e os 30 cm, das duas experiências, o mesmo padrão de libertação de N mineral pode ser encontrado, mas numa escala maior.

Na Figura 7 apresentam-se os gráficos com a equação de Chapman, os seus três parâmetros e o r^2 , ajustada à quantidade de N das plantas de couve em cada amostragem da segunda experiência usado para calcular a quantidade de N absorvido pelas plantas de couve fertilizadas com tremços doces após o cultivo de trigo nas duas amostragens extra de solo, 0a e 0b (ver Figura 3). As plantas de couve fertilizadas com sementes de tremço doce trituradas (W-sw-s) e com germinados de tremço doce com curto período de crescimento curto à época de colheita atingiram valores médios de N superiores a 300 kg/ha e também superiores aos restantes tratamentos testados.

2ª experiência (2006)

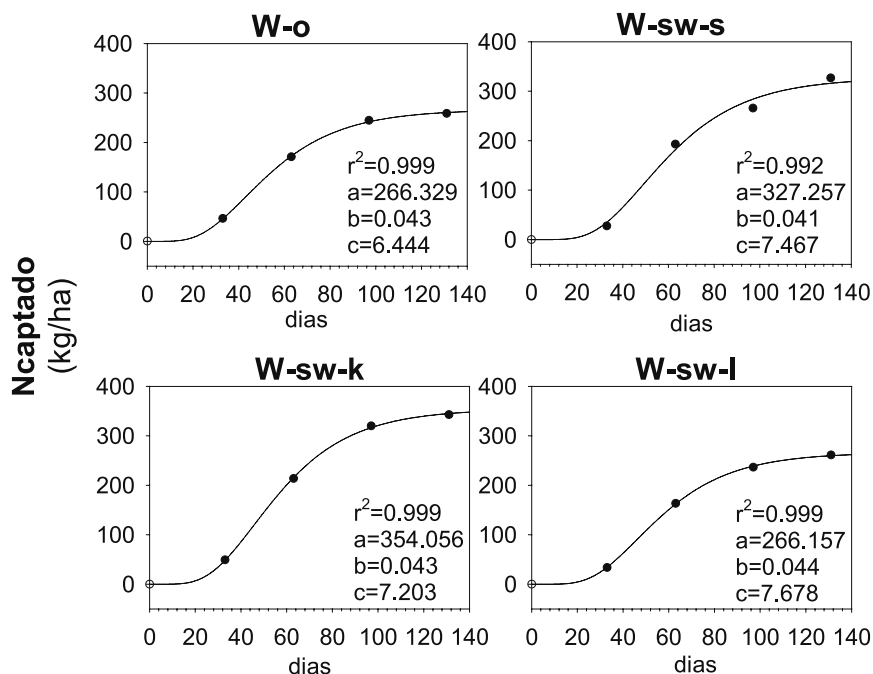


Figura 7 – Valores médios de N absorvido pelas plantas de couve cultivadas após trigo sem fertilização (W-o) e fertilizadas com sementes de tremço doce trituradas (W-sw-s), germinadas com período de crescimento curto (W-sw-k) e longo (W-sw-l) na segunda experiência.

Como se pode ver na Figura 8, na primeira experiência apenas os métodos de fertilização com sementes de tremço trituradas (S), germinados de tremço com período de crescimento curto (K) e azevém com trevo deixado no campo após cortes (K-Mu) atingiu valores médios de produção superiores aos tratamentos de controlo (0). Na segunda experiência, todos os tratamentos de fertilização com sementes de tremço (S, K e L) e até os seus tratamentos de controlo (0) atingiram valores médios de produção superiores aos tratamentos com azevém e trevo (K-Mu e K-Fn). Os resultados de produção de couve obtidos com a fertilização de azevém e trevo aproximam-se dos indicados por Willumsen & Thorup-Kristensen (2001) que em duas experiências num solo arenoso, cultivado em modo biológico, obtiveram produções médias de couve branca (*Brassica oleracea* L.) (plantada com um compasso de 0,5 por 0,5

m) de aproximadamente 30 a 40 t/ha, com fertilização de azevém Italiano (*Lolium perenne* subsp. *multiflorum* (Lam.) Husnot) e trevo Egípcio (*Trifolium alexandrinum* L.). Em ambas as experiências, os métodos de fertilização com sementes de tremço trituradas (S) e germinados de tremço com período de crescimento curto (K) apresentaram tendência para levar a produções de couve mais elevadas do que o método de fertilização com germinados de tremço com período de crescimento longo (L) ou do que o tratamento de controlo (0).

Na segunda experiência, foi encontrada uma relação inversa entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização usando sementes de tremço trituradas ou germinadas e a sua razão C:N. A inclinação e o r^2 em cada regressão linear na Figura 9 mostram uma grande influência da razão C:N das sementes e germinados de tremço

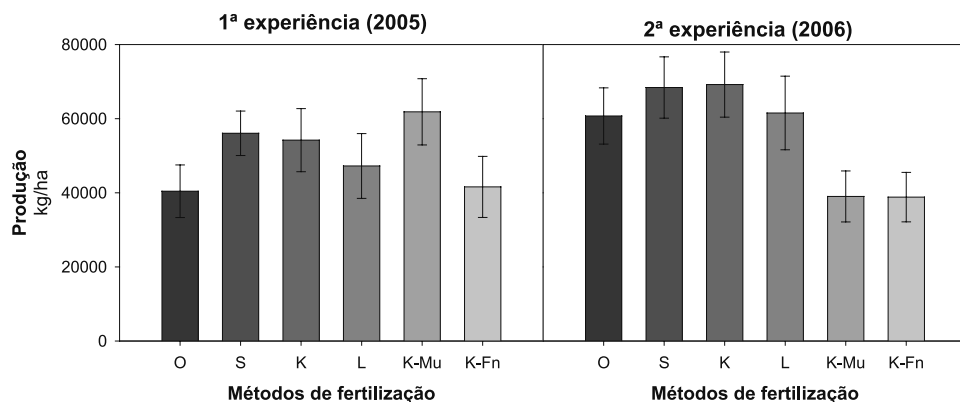


Figura 8 – Valores médios de peso fresco de couves sem fertilização (O), com os diferentes métodos de fertilização de semente de tremço (trituradas [S] ou germinadas com períodos de crescimento curtos [K] ou longos [L]) e azevém com trevo cortado e removido do campo (K-Fn) ou deixado no campo durante o seu crescimento, em ambas as experiências. As barras das colunas indicam o desvio padrão.

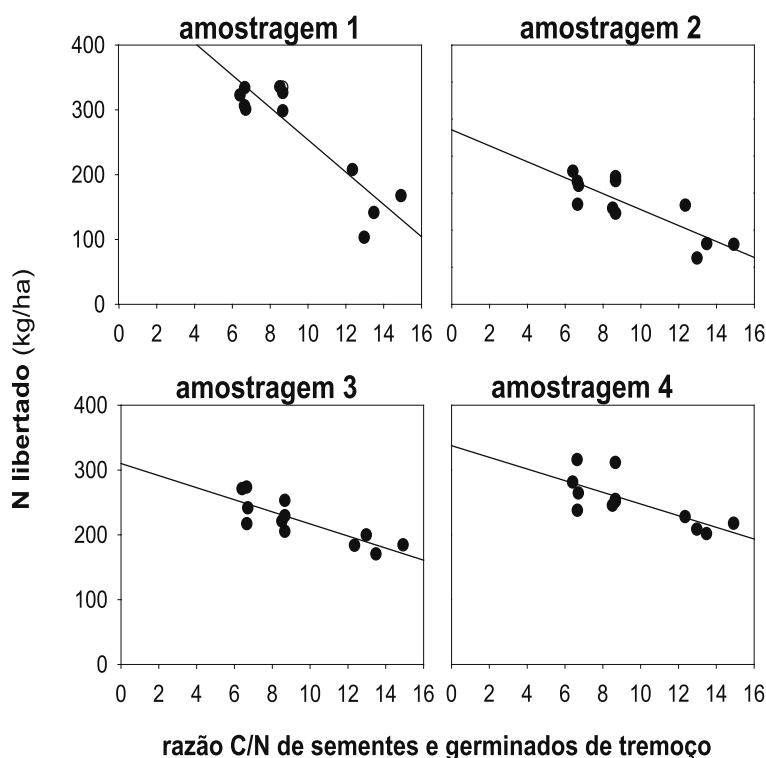


Figura 9 – Relações entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com sementes ou germinados de tremço e a sua razão C:N em cada amostra da segunda experiência.

na liberação de N. Uma forte relação inversa entre estes dois factores ocorreu um mês após a incorporação no solo das sementes e germinados de tremoço (amostragem 1), mas esta relação atenuou-se em datas posteriores.

Na segunda experiência, foi também encontrada uma relação, mas directa, entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com germinados de tremoço e o seu N recuperado um e dois meses após a sua incorporação no solo, nas amostragens 1 e 2 respectivamente (Figura 10). A inclinação e o r^2 em cada regressão linear mostram que até com um ajustamento fraco (baixo r^2) a influência do N recuperado pelos germinados de tremoço no N libertado foi, provavelmente, mais forte um mês após a incorporação dos germinados de tremoço (amostragem 1) do que dois meses depois (amostragem 2).

Pela relação encontrada entre factores (regressões lineares), mostrou-se que reduzidas relações C:N e elevados N recuperados nas

fertilizações com germinados de tremoço, levam ao aumento da libertação cumulativa de N. A influência de reduzidas razões C:N dos germinados de tremoço na libertação de N explica-se pela libertação de N assimilado por microrganismos causando mineralização de N e levando a um aumento do N mineral na solução do solo (Janssen, 1996). A influência do N recuperado pelos germinados de tremoço no N libertado pode ser explicado pela presença de mais ou menos N mineral no solo, N potencialmente mineralizável (Azam *et al.*, 1993) e glúcidos facilmente degradáveis (Frankenberger & Abdelmagid, 1985) nos germinados de tremoço (Trugo, 1994).

Na primeira experiência, foi encontrada uma relação directa entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com sementes e germinados de tremoço em cada amostragem e a produção de couve (Figura 11). A análise da inclinação e r^2 de

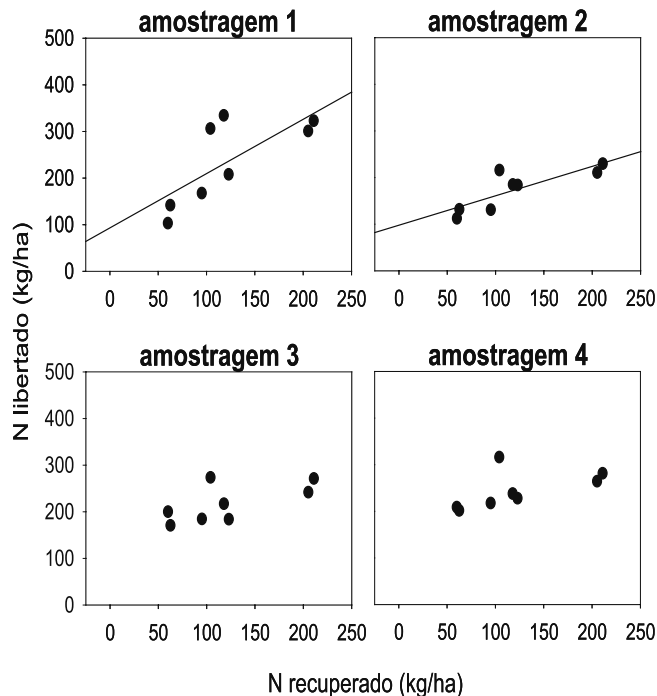


Figura 10 – Relação entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com germinados de tremoço e o seu N recuperado em cada amostragem da segunda experiência.

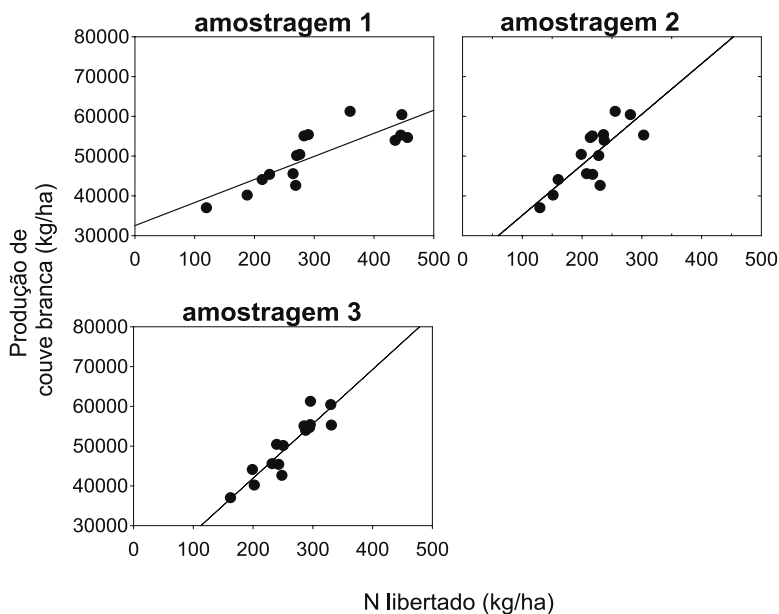


Figura 11 – Relação entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com sementes e germinados de tremoço em cada amostragem e colheita de couve, na primeira experiência.

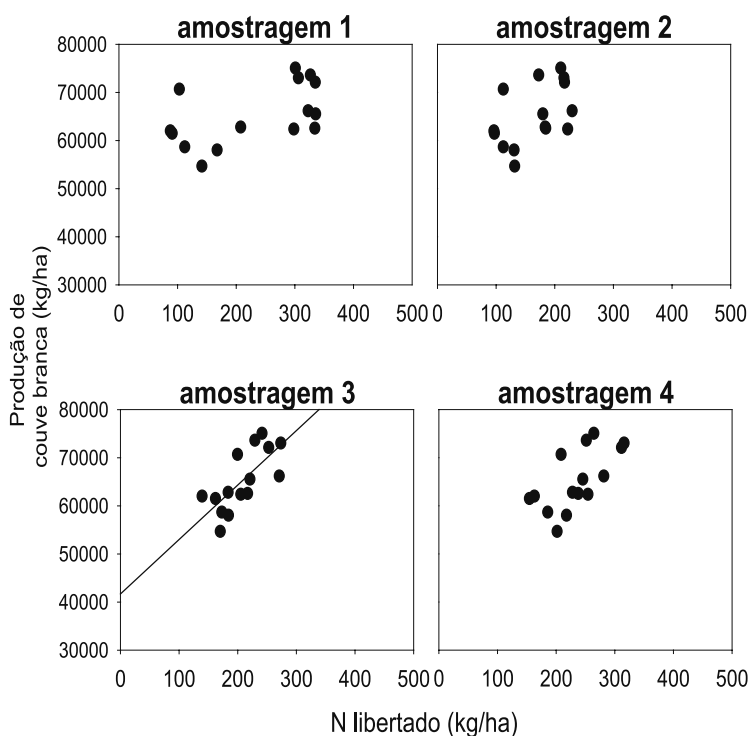


Figura 12 – Relações entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com sementes ou germinados de tremoço e a sua razão C:N em cada amostra da segunda experiência.

cada regressão linear na Figura 8 mostra que a maior influência do N libertado na colheita de couve e que a relação directa mais forte entre estes dois factores ocorreu à data de colheita.

Na segunda experiência, como se pode ver na Figura 12, uma relação directa foi também encontrada entre o N libertado no solo pelos diferentes métodos de fertilização com sementes e germinados de tremço e a produção de couve, três meses após a sua incorporação no solo (amostragem 3).

A eficácia dos três métodos de fertilização testados foi principalmente confirmada na primeira experiência, com uma elevada relação encontrada entre a libertação cumulativa de N em cada amostragem e produção média de couve. De acordo com Everaarts & Booji (2000), o aumento da produção com o aumento das taxas de aplicação de N deve-se a aumentos na concentração em N nas plantas, acompanhado pelo aumento da concentração em proteína e uma resultante maior capacidade de retenção de água.

CONCLUSÕES

A partir deste estudo, pode-se concluir que a incorporação de germinados de tremço com um período de crescimento de 12 dias aumenta mais a libertação de N no solo do que germinados com um período de crescimento de 22 dias ou sementes trituradas. No entanto, uma vez que as incorporações com sementes germinadas ou trituradas apresentaram resultados semelhantes em relação à libertação cumulativa de N e produção de couve, a incorporação de sementes trituradas pode ser um método mais prático de fertilização. Torna-se mais simples aplicar sementes trituradas, uma vez que deixa de ser necessário mobilizar o solo para preparar a cama para a sementeira, sementeira, trituração e incorporação dos germinados e, não depende do processo de germinação.

Aconselham-se investigações subsequentes sobre o uso de sementes de tremço e outras leguminosas como fertilizante azota-

do, nomeadamente o estudo da sua eficácia como adubo localizado no espaço e tempo, de acordo com as necessidades de diferentes culturas. De notar que a farinha de sementes de leguminosas pode ser aplicada directamente no solo, com uma ligeira incorporação, ou até, se finamente moídas, através do sistema de rega. Diferentes estratégias de aplicação com diferentes graus de moagem de sementes de leguminosas podem ser uma alternativa para fertilizantes processados industrialmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azam, F.; Simmons, F.W. & Mulvaney, R.L. (1993) - Mineralization of N from plant residues and its interaction with native soil N. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 1787-1792.
- Benjamin, L.R. (1990) - Variation in time of seedling emergence within populations: A feature that determines individual growth and development. *Advances on Agronomy* 44:1-25.
- Bioland (2004) - *Bioland e.V. Verband fuer organisch-biologischen Landbau*. Bioland Richtlinien, Mainz, Germany, pp.36.
- Braun, A.; Mayer, J. von Fragstein & Niemsdorff, P. (2001) - Sind Leguminosenschnitte fuer die N-Duengung von Fruehgemue-se geeignet? – Ergebnisse eines Brutversuches. In: Reents, H. J. & Von Leit-Bildern zu Leit-Linien (Eds.) *Wissenschaftstagung zum Oekologischen Landbau*, 6. Verlag Dr. Koester, Berlin, pp. 273-276.
- Dagnia, S.G.; Petterson, D.S.; Bell, R.R. & Flanagan, F.V. (1992) - Germination alters the chemical composition and protein quality of lupine seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 60: 419-423.
- Demeter-Bund (2005) - *Richtlinien fuer die Zertifizierung der Demeter Qualitaet*. Demeter-Bund e.V., Erzeugung VII, Anhang., Darmstadt, Germany, pp. 7.
- Evans, J.; Turner, G. L.; O'Connor, G. L. & Bergersen, F. J. (1987) - Nitrogen fixation and accretion of soil nitrogen by field gro-

- wn lupines (*Lupinus angustifolius*). *Field Crops Research* 16: 309-322.
- Everaarts, A. P. & Booij, R. (2000) - The effect of nitrogen application on nitrogen utilization by white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and on nitrogen in the soil at harvest. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75, 6: 705-712.
- Frankenberger Jr, W.T. & Abdelmagid, H.M. (1985) - Kinetics parameters of nitrogen mineralisation rates of leguminous incorporated into soil. *Plant Soil* 87: 257-271.
- Herridge, D. F. & Doyle, A. D. (1988) - The narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius*) as a nitrogen-fixing rotation crop for cereal production. II. Estimates of fixation by field-grown crops. *Australian Journal of Agricultural Research* 39: 1017-1028.
- International Seed Testing Association (1999) - International Rules for Seed Testing. *Seed Science & Technology*, 27, Supplement, 333 pp.
- Janssen, B.H. (1996) - Nitrogen mineralization in relation to C/N ratio and decomposability of organic materials. *Plant Soil* 181: 39-45.
- Kalauch, S.; Mayer, J. Von Fragstein & Niemsdorff, P. (2001) - Koernerleguminosenschrote als alternative N-Ergaenzungsduenger im Oekologischen Gemue-sebau am Beispil Spinat. In: Reents, H. J. (Ed.) *Von Leit-Bildern zu Leit-Linien*. Wissenschaftstagung zum Oekologischen Landbau, 6, Verlag Dr. Koester, Berlin, pp. 433-436.
- Kettel, K.; Tuck, B.; Payne, W.A.; Chen, C.; Machado, S. & Karow, R. (2003) - *Narrow-leaf Lupin*. Dryland Cropping Systems, EM 8834-E Jun.
- Kirsten, W.J. & Hesselius, G.U. (1983) - Rapid automatic, high capacity Dumas determination of nitrogen. *Microchemical Journal* 28: 529-547.
- Ledgard, S.F. & Steele, K.W. (1992) - Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant Soil* 141: 137-153.
- Mueller, T.; von Fragstein, P. & Niemsdorf (2006) - Organic fertilizers derived from plant materials Part II: Turnover in field trials. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169: 265-273.
- Naturland (2004) - *Naturland e.V., Graefelfing*. Naturland Richtlinien., Germany, p.42.
- Trugo, L.C. (1994) - Effect of germination on nutritive value of lupine seed. *Proc. VII Int. Lupine Conf.* Évora, Portugal, pp. 201-203.
- Watkinson, A.R. (1985) - *Studies on Plant Demography: A Festschrift for John L. Harper*. White, J. (Ed.), Academic Press, London, pp. 275-289.
- Willumsen, J. & Thorup-Kristensen, K. (2001) - Effects of green manure crops on soil mineral nitrogen available for organic production of onion and white cabbage in two contrasting years. *Biological Agriculture and Horticulture* 18: 365-384.
- Wood, M. (1996) - Nitrogen fixation. How much and at what cost? In: Younie, D. (Ed.) *Legumes in Sustainable Farming Systems*. BGS Occasional Symposium N° 30, British Grassland Society, Reading, pp. 26-35.